



שיבא - מרכז רפואי אקדמי מצטיין



המחלקה לבטיחות, גהות והגנת הסביבה

# דימות-לומדת בטיחות קרינה



צפריר בן יהודה

ממונה בטיחות קרינה

# מתוך תקנות הקרינה המייננת

התשנ"ג-1992 פרק 4 סעיף א-8

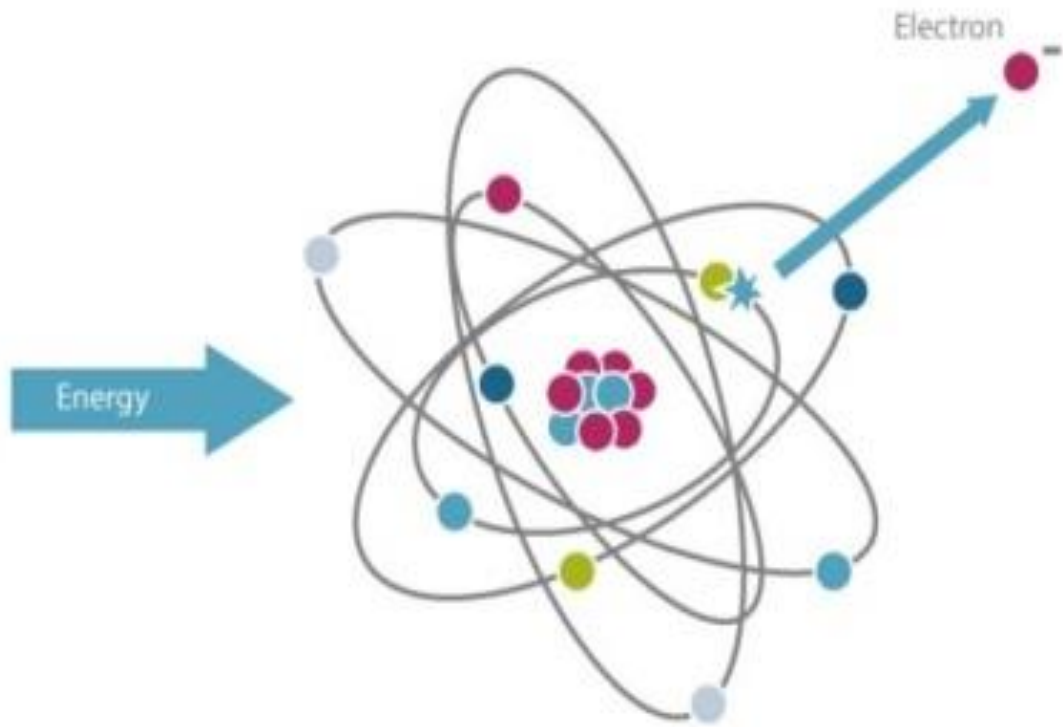
ידריך ויאמן, בכתב ובעל-פה...  
כל עובד קרינה חדש מיד עם  
קבלתו לעבודה, וכל עובד קרינה  
אחר, באופן שוטף וקבוע, אחת  
לשנה לפחות....



# מטרת הלומדה - לרענן את ידע העובד בנושא בטיחות קרינה, בהתאם לנושאים הבאים:

- סוגי קרינה וחשיפה.
- סביבת העבודה.
- יישום עקרונות בטיחות קרינה בעבודה.
- אחזקת המיגון ושימור הידע.

# מהי קרינה מייננת?



- מסוגלת למסור אנרגיה לאטום של רקמה ולשחרר אלקטרון



סלולר  
וחשמל



- קרינה בלייזר מייננת "רק" מחסית



- קרינת  $X$

- קרינת נויטרונים

- קיימות גם קרינות  $\alpha, \beta, \gamma$

המשויכות בדרך כלל לחומרים רדיואקטיביים.

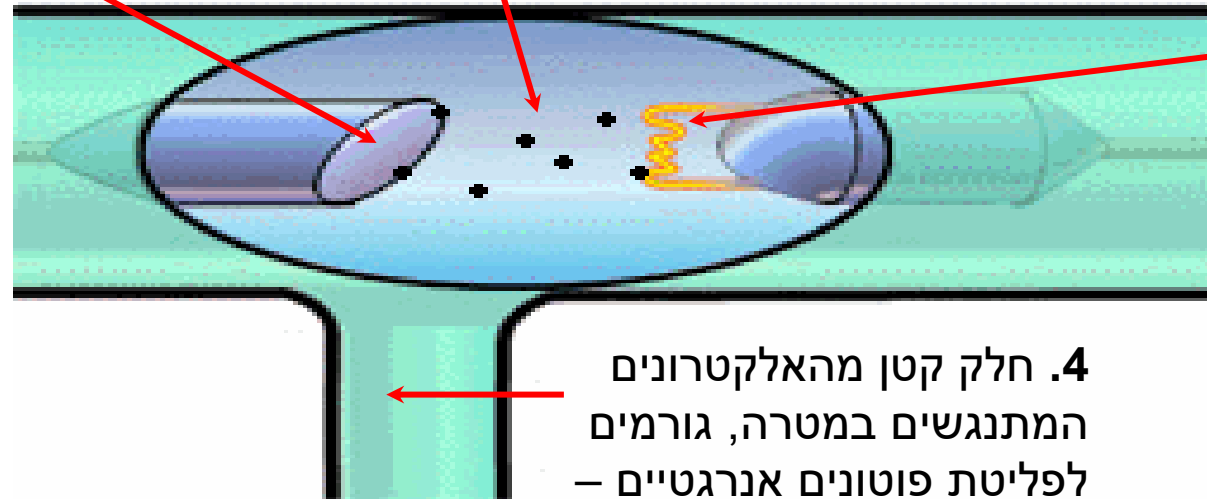
# שפופרת ריק ליצירת קרני X

1. תותח אלקטרוניים:

קתודה מחוממת ע"י מעגל חימום, פולטת אלקטרוניים בפליטה תרמיונית

2. האלקטרוניים הנפלטים מהקתודה, מואצים בהשפעת מתח גבוה (עשרות אלפי וולט)

3. האלקטרוניים מתנגשים במטרה עשויה אטומים כבדים – למשל טונגסטן



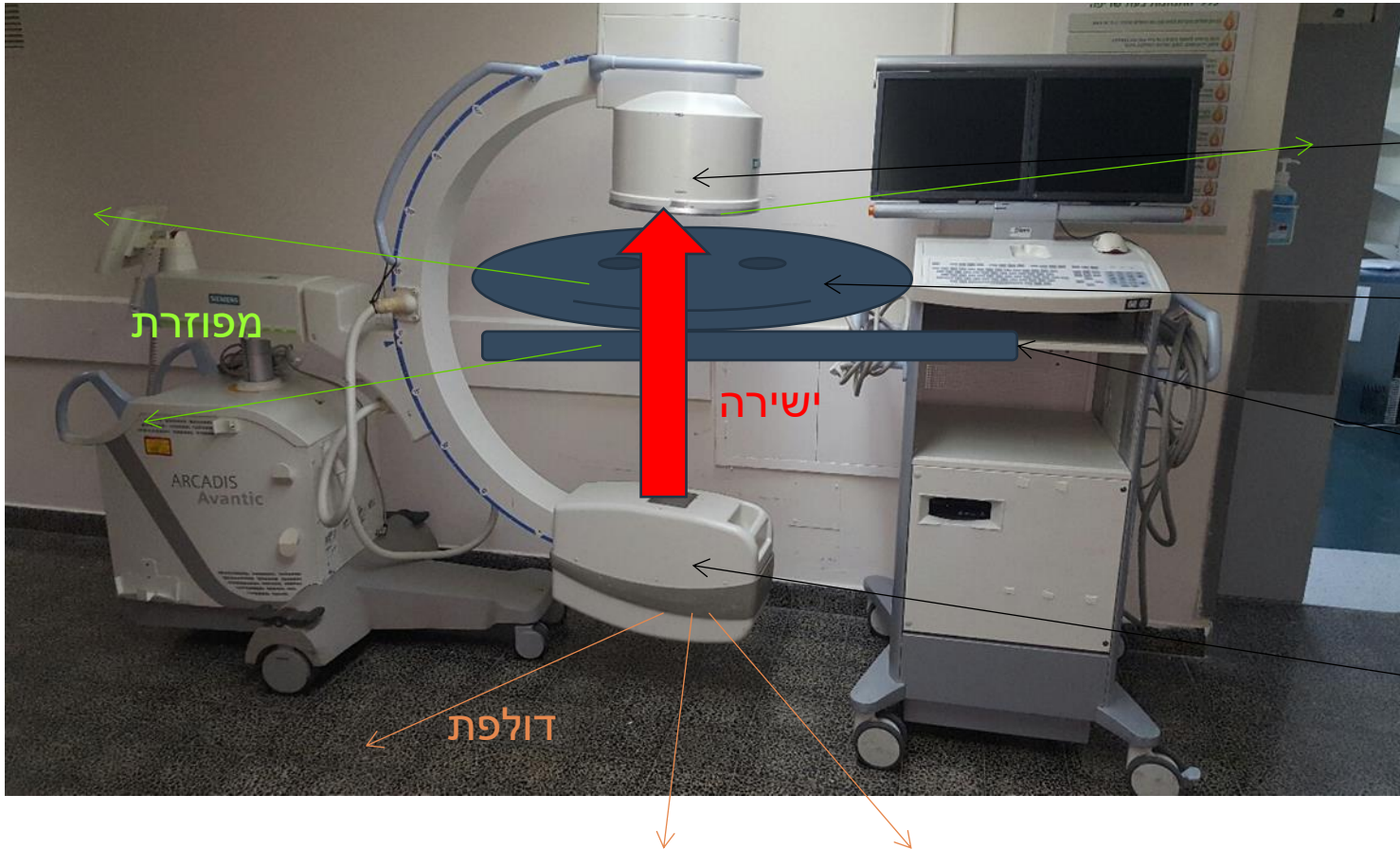
4. חלק קטן מהאלקטרוניים המתנגשים במטרה, גורמים לפליטת פוטונים אנרגטיים – קרינת X

5. רוב האלקטרוניים הפוגעים במטרה לא ייצרו קרינת X. הם פשוט יחממו אותה. לכן משתמשים למטרה במתכת בעלת טמפרטורת התכה גבוהה, ולרוב מקיפים אותה במערכת מקררת.

# סוגי קרינה

## קרינת X

סיכוני הקרינה ממתקנים פולטי קרינת X, נובעים מקרינה: **ישירה**, **דולפת** ו**מפוזרת**.



מגבר

מטופל

שולחן

שפופרת

מפוזרת

ישירה

דולפת

### קרינה ישירה

קרינה המתקבלת ישירות משפופרת הרנטגן לכיוון המגבר.

במתקני המרכז הרפואי ניתן לצפות לחשיפת העובדים לקרינה ישירה במספר מצבים וצורות עבודה:

- הכנסת ידיים לתחומי הקרן הישירה (בשיקופים רגילים, אנגיוגרפיה וצנתורים). בדרך כלל נעשית פעולה זו למשך מספר שניות והיא אמורה להתבצע תוך שימוש במיגון של כפפות מגומי-עופרת.
- צילומים ישירים לכיוון קירות חדר צילום כאשר אזורים הנמצאים מאחורי הקירות אליהן מופנית הקרן הישירה מאוכלסים בעובדים/ציבור. מצב זה צריך להימנע ע"י הקרנה לכיוונים שאינם מאוכלסים או באמצעות מיגון קירות החדר אליהם מופנית הקרן הישירה באופן המספק הגנה הולמת לאנשים המצויים באזור המאוכלס מעבר לקיר.
- תקרית/תאונה (כגון הקרנה לא רצונית עקב תקלה) שבה עלול להיחשף הצוות לקרינה ישירה. (מקרים כאלה כבר התרחשו בארץ) הערכת החשיפה במקרה כזה משתנה כתלות בתנאי התקרית.



### קרינה דולפת

- עובי המיגון/מיסוך קרינה סביב כל שפופרות/מכשירי רנטגן/מאיצים מוגבל מסיבות טכניות. לכן כמות מסוימת של קרינה דולפת מעבר למיסוך של המכשיר. קרינת הדליפה היא לכל הכיוונים ובני אדם השוהים בזמן פעולתה של המכונה בקרבתה חשופים אליה. קרינת דליפה זו רלוונטית בעיקר בתהליכי שיקוף בהם מצוי הצוות הרפואי בתוך חדר ההקרנה.
- תקנים בינלאומיים מחייבים את יצרני מכונות הרנטגן להגביל את קצבי קרינת הדליפה ממכונות רנטגן המשמשות לאבחון רפואי ל-1 mGy/h בממוצע על שטח של 100 cm<sup>2</sup> במרחק של 1 מטר מהמכונה.

### קרינה מפוזרת

- קרינה מפוזרת מתקבלת כתוצאה מפגיעת אלומת הקרינה הישירה בגוף כלשהו : גופו של החולה, מיטת החולה, חומרי מבנה ועוד.
- חשיפה לקרינה מפוזרת מהווה, למעשה, את המקור עיקרי לחשיפת עובדים לקרינה רנטגן . קצב הקרינה המפוזרת תלוי בעוצמת הקרינה הפוגעת, בממדי האלומה, בזווית שבה נמדד הפיזור, באנרגיית הקרינה, בחומר ממנו עשוי הגוף המפזר ובמרחק מהגוף המפזר.
- עוצמת הקרינה המפוזרת במרחק מטר אחד ממשטח מפזר עשוי בטון בשטח של 400 סמ"ר בו פוגעת אלומת פוטונים הישירה ממכונת רנטגן הפועלת ב-150 kVp מוערכת **בכ- 0.002** מעוצמת הקרינה הישירה הפוגעת במשטח. עבור ממדי אלומה השונים מ-400 סמ"ר, יש להתחשב בגודל השדה היחסי. עוצמת הקרינה המפוזרת הולכת ופוחתת ככל אנרגיית הקרן הפוגעת קטנה.

## • חשיפה לקרינה

- מכשירים פולטי קרינה מהווים סיכון של חשיפה חיצונית.
- הקרינה הנפלטת ממכשירי הקרינה נמדדת ב **Gy(Gray)**.
- החשיפה לקרינה בגוף האדם נמדדת ב **Sv(Sivert)**

## • השפעות הקרינה:

- דטרמניסטית – מחלות קרינה, פגיעה באברי הגוף.
- סטוכסטית - עלולות להגדיל סטטיסטית את הסיכוי למחלות ממאירות בעתיד.

# מנה גבולית

גבול המנה השנתי ב mSv

ציבור	עובד קרינה	
1	20-50*	חזה
1	1**	עובדת בהריון
15	150	עין/ראש
50	500	גפיים ועור

50\* מנה מקסימלית לשנה. 100 מנה מקסימלית ל 5 שנים (ממוצע של 20 לשנה).

\*\* גבול המנה מיום ההודעה עד סוף ההריון.

חשיפה לקרינה

גבולות חשיפה

## ערכי חשיפות ממוצעות

חשיפה	
2.4	רקע ממוצע בישראל
10	CT כל גופי
100	המנה הנמוכה ביותר הקשורה להעלאת הסיכון לסרטן
250	מנה שהורשו לקבל עובדים שטיפלו בפוקושימה
500	מנה מותרת לעובדים לצורך הצלת חיים

גבולות חשיפה

חשיפה ב mSv לשנה

לאחר שהכרנו סוגי הקרינה ואת  
סיכוני החשיפה מקרינה,  
נכיר את סביבת העבודה.

# אזורי עבודה

חשיפה  
לקרינה

לפי ההנחיות, אזורי העבודה במתקני קרינה מסווגים לאזורים מבוקרים (controlled area) ולאזורים מפוקחים (supervised area).

אזורי  
עבודה

## אזור מבוקר

- "אזור מבוקר" בהקשר של מתקנים פולטי קרינה הוא אזור שבו קיימת סבירות לחשיפה עובדים ל-  $1/10$  ומעלה מהמנה השנתית הגבולית ( $5 \text{ mSv}$ ).
- באזורים מבוקרי הקרינה נדרשים אמצעי בטיחות קפדניים וספציפיים כדי להגביל/למנוע את החשיפות (מיגוני קרינה, שילוט, הגבלת גישה, לבישת ביגוד מגן בהתאם לצורך, בקרה באמצעות תגי ביקורת קרינה ועוד).



## אזור מפוקח

- "אזור מפוקח" מוגדר כאזור שאינו אזור מבוקר, אך בני אדם השוהים בו חשופים לקרינה מעל רמת הרקע, אם בשל סמיכותו לאזור המבוקר ואם עקב אופי העיסוק בו.

- באזור מפוקח יש צורך לעקוב מידי פעם אחר רמת החשיפה, למרות שבדרך כלל אין צורך בנקיטה של אמצעי בטיחות ספציפיים במקום. גם בכניסה לאזור מפוקח נדרש שילוט מתאים, וכאמור צריכה להתבצע בו סקירה תקופתית בכדי לקבוע האם קיים צורך באמצעי הגנה ובטיחות והאם השתנו גבולותיו.

# אזורי עבודה-דוגמה

- על פי קריטריונים אלו - כל החדרים הקבועים במרכז הרפואי בהם נעשה שימוש במכונות הקרנה פולטות קרינת X יחשבו "כאזורים מבוקרים" (לעומת "אזורים מפוקחים").
- האזורים בהם פועלות המכונות הניידות יוכרזו אזורים מבוקרים לזמן הצילום בלבד.
- המסדרונות והסביבה הקרובה לחדרי ההקרנה מסווגים כ"אזורים מפוקחים".

חשיפה  
לקרינה

אזורי  
עבודה

# מכשירים בביה"ח



חדרי אנגיו וצינתורים



חדרי שיקוף



חדרי CT



חדרי צילום



# מכשירים בביה"ח



O-ARM



חדר ממוגרפיה



חדר צפיפות עצם



ניידת שיקוף/צילום

# היתרים ונהלים

## אזורי עבודה



• מנורת אתראה על הפעלת קרינה

• מנורת אזהרה על חדר קרינה

• שלט אזהרה מקרינה

• הוראות בטיחות.

• היתר משה"ב.



# היתרים ונהלים

- הפעלת מכונות/מתקני רנטגן תיעשה אך ורק ע"י עובדי קרינה אשר הוסמכו לכך!
- לא יעסוק עובד בעיסוק הכרוך בחשיפה לקרינת רנטגן, כל עוד לא קיבל הדרכה/הכשרה בטיחותית לכך.
- רנטגנאי המפעיל את מתקן הרנטגן יבדוק ויוודא תקינותו של נוריות האזהרה האדומות ומפסקי המיקרו בכניסות אל המתקן.

אזורי  
עבודה

# לסיכום

• הסיכון ידוע, הסביבה מוכרת.

• מה עושים עכשיו?

• ALARA!

"As Low As Reasonably Achievable."

ביצוע מאמץ סביר להפחתת החשיפה ככל האפשר  
באמצעים מעשיים.



המטרה

האמצעי

6

המ"מים

לבצע בדיקה/טיפול,  
תוך חשיפה מינימאלית  
לצוות!

# משך

## קיצור זמן החשיפה

הפחת את זמן ההקרנה והגבל את שהייתך בקרבת מקורות קרינה לפרקי זמן הכרחיים וקצרים ככל האפשר.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# מרחק

במידת האפשר, התרחק  
ממקורות הקרינה למרחק  
מקסימלי אפשרי.

החשיפה קטנה כפונקציה של המרחק בריבוע.

החשיפה במרחק 3 מ' קטנה פי 9 מהחשיפה במרחק 1 מ'.

# מיגון כללי



קיר מיגון נייד



מסך מיגון תקרתי

וילון עופרת ע"ג המיטה

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות



# מיגון אישי

• משקפי הגנה

• מגן תירואיד

• חלוק עופרת

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# מדידה

עובדים העוסקים בקרינה במתקני הרנטגן או בסביבתם הקרובה יענדו בקביעות תגי קרינה בהתאם לפירוט הבא :

א. רנטגנאים המפעילים מכונות צילום רנטגני קבועות או ניידות, מערכות CT וממוגרפיה, יענדו תגי ביקורת קרינה חזה אשר, במקרים של שימוש בחלוק עופרת, ייענדו מעל חלוק העופרת.



משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# מדידה

ב. רנטגנאים ורופאים המפעילים מכונות שיקוף רנטגני (למיניהן) בתנאים המחייבים את נוכחותם הפיזית באזורים בהם קיימת חשיפה לפיזורי קרינה יענדו 2 תגי ביקורת קרינה :

תג חזה פנימי **מתחת** לחלוק העופרת ותג עין/ ראש חיצוני **מעל** חלוק העופרת.



תג עין/ראש

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# מדידה

ג. רופאי רדיולוגיה פולשנית, צינתרים וכאב, יענדו 3 תגי ביקורת קרינה :  
תג חזה פנימי מתחת לחלוק העופרת.  
תג עין/ראש חיצוני מעל חלוק העופרת.

תג אצבע ע"ג היד הפעילה מתחת לכפפה (ניתן לנקות את הטבעת באלכוהול לפני השימוש הסטרילי).



תג אצבע





# חדרי צילום ו CT

- הרנטגנאי המפעיל ימצא בעמדת הבקרה מאחורי מיגון הקרינה.
- שום אדם פרט לחולה הנבדק לא יהיה נוכח בחדר הצילום/הבדיקה.
- במקרים חריגים המחייבים נוכחות של קרוב משפחה בסמוך לחולה יש למקמו מחוץ לאלומת הרנטגן הישירה ולמגנו בעזרת חלוק עופרת
- דלתות הכניסה אל חדר הצילום/הבדיקה יהיו נעולות.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# מכשיר צילום נייד

- הרנטגנאי המפעיל יתמגן בחלוק עופרת ויתרחק ממקור הקרינה למרחק מקסימלי. יש להתרחק ממקור הקרינה ע"י מתיחת הכבל המסולסל למרחק מרבי.
- מחובתו של הטכנאי המפעיל להזהיר את הנוכחים "הניידים" באזור הצילום ולהרחיקם למרחק רב ככל האפשר ממקום הקרינה (לפחות למרחק של 4 מטר).

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# אנגיו וצנתורים

- צוות הרופאים יתמגן באמצעות חלוקי עופרת, מגני תירואיד ומשקפי מגן. כמו כן, במסך עופרת תקרתי בנוסף למשקפי המגן ובווילון עופרת תלוי ע"ג המיטה.
- צוות העזר הצמוד אל הרופאים יתמגן באמצעות חלוקי עופרת, מגני תירואיד ומשקפי מגן. הצוות ימצא בחדר הקרינה רק למטרות ופרקי זמן הכרחיים ובמרחק מקסימלי אפשרי ממוקד הקרינה, מאחורי קיר מגן נייד.
- דלתות הכניסה אל המתקן יהיו סגורות.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# הריון

- עובדות קרינה בהריון חייבות לדווח על כך בכתב, לממונה בטיחות קרינה.
- עבודתה של עובדת קרינה בהריון תוגבל לחדרי הבקרה/פיקוד מוגני קרינה.
- על עובדת קרינה בהריון להיבדק ע"י רופא תעסוקתי בחודש הרביעי להריון.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# כללי

- בשום מקרה אין להימצא מתחת לאלומת הקרינה הישירה !!!
- מומלץ להתרחק ככל האפשר ממקורות הקרינה, משטחים מוקרנים, האזורים המוקרנים בגופו של החולה ומשפופרת הרנטגן (עקב דליפת הקרינה מהמעטפת החיצונית).
- במתקני השיקוף, רדיולוגיה פולשנית וצנתורים, מומלץ ששפופרת הרנטגן תמצא מתחת למיטת המטופל (מוגנת ע"י וילון עופרת) ורחוקה ממנו ככל האפשר. מגבר התמונה יהיה קרוב ככל האפשר למטופל.
- במידה והשפופרת לא מתחת למיטת המטופל, על הרופא לעמוד בקרבת מגבר התמונה ורחוק מהשפופרת.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

מודעות

# לסיכום

- סיכון הקרינה ידוע.
- הסביבה מוכרת.
- יודעים להתגונן מפני הקרינה.
- אז מה עושים כדי לשמר המיגון?

# כללי

אחת לשנה, לפחות, יש לערוך, **באופן יזום**, בדיקת תקינותו של כל ציוד מיגון הקרינה האישי והמערכת בכל מתקני הרנטגן של ביה"ח. בדיקת ציוד המיגון תכלול בין היתר, חלוקי עופרת, מגני תירואיד, משקפי הגנה מפני קרינה, ווילונות עופרת התלויות ע"י מיטות החולים, מסכי הגנה תלויים, קירות עופרת ניידים וקבועים, חלונות עופרת.

בכל מקרה שבו מתגלה פריט מיגון קרינה פגום באופן שבו אינו יכול למלא את צורכי הגנה מפני קרינה, יש לתקנו/להחליפו מיידית בפריט חליפי תקין.

כללי



# חלוקי עופרת

- יש לתלות את חלוקי העופרת תליה אנכית חופשית (ללא מכשולים וקיפולים) ע"ג קולבים ייעודיים מיד לאחר סיום השימוש בהם.
- אין להניח את חלוקי העופרת ע"ג שולחנות, כסאות ו/או לקפלים.

אחסון שגוי ← חלוק בלוי



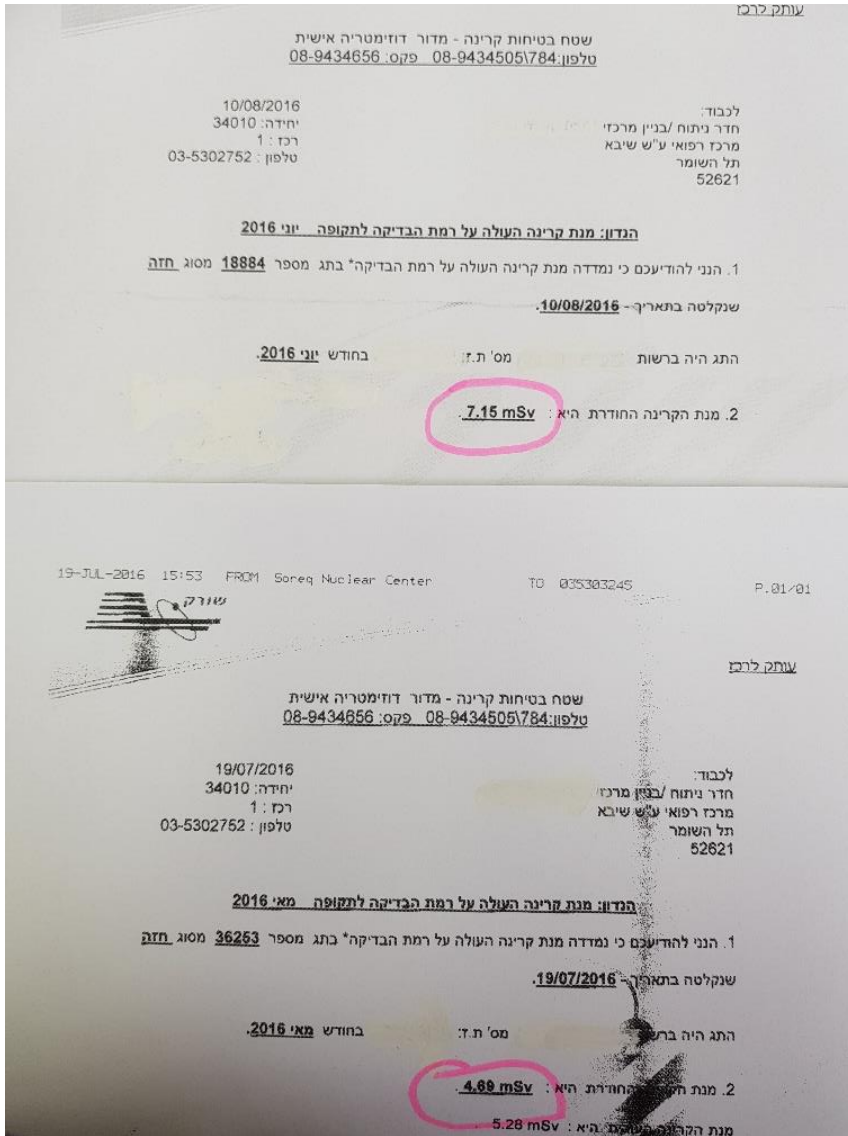
חלוקי  
עופרת

# חלוקי עופרת

- אחת לשנה, לפחות, יבדקו באופן יזום כל חלוקי העופרת בדיקה ויזואלית ובדיקה תחת שיקוף ע"מ לוודא את תקינותם.
- חלוקי עופרת פגומים יפסלו באופן מידי לשימוש ויוחלפו בחלוקי עופרת תקינים. יש לפנות לתברואן בית החולים לפני חלוקי עופרת פגומים.
- ייעשה רישום מסודר של תאריכי ותוצאות הבדיקות של חלוקי העופרת עפ"י מספרם או סימונם השמי. תוצאות רישום הבדיקות של חלוקי העופרת יישמרו למשך 30 שנה וישמשו, לעת הצורך, כמסמך משפטי.

# סיפורה של חשיפה

## דוח"ות שורק



אח חדר ניתוח נחשף בחודש מאי 2016 ל  $4.69 \text{ mSv}$  ובחודש יוני 2016 ל  $7.15 \text{ mSv}$  בתג חזה. (מקסימום שנתי לתג חזה  $50 \text{ mSv}$  לשנה).

עקב חשיפה של מעל 30% ( $1.25 \text{ mSv}$  לחודש) מהמקסימום המותר, התקיימה בדיקה בהתאם לתקנות. הסתבר שהעובד עבד בחדר ניתוח 9 בניתוחי כלי דם עתירי קרינה.

לעובד תג אחד שנמצא מחוץ לחלוק העופרת (מיקום של תג עין/ראש) כך, שחשיפת החזה בפועל הייתה פחותה מהנרשם. אך גם כתג עין/ראש, החשיפה גבוהה מ 30% ( $3.25 \text{ mSv}$  לחודש) מהמקסימום המותר.

העובד הונחה לא לעבוד בחדר 9 עד סוף שנת 2016. לא נרשמה לעובד חשיפה נוספת עד סוף השנה.

**חלוקת העבודה באזורים עתירי קרינה בין העובדים, מפחיתה החשיפה האישית.**



# הוראות בטיחות קרינה

- הוראות בטיחות קרינה עבור מתקן CT
- הוראות בטיחות קרינה עבור מכשיר צילום רנטגן נייד
- הוראות בטיחות קרינה עבור מכשירי שיקוף
- הוראות בטיחות קרינה עבור מתקן צילום רנטגן
- עשרת כללי הזהב להגנת הצוות בשיקוף
- עשרת הדברות בבטיחות קרינה למפעילי מתקן רנטגן
- סרטון-בטיחות קרינה במתקני רנטגן

לחץ על השורה כדי לקבל את המידע.

משך

מרחק

מיגון כללי

מיגון אישי

מדידה

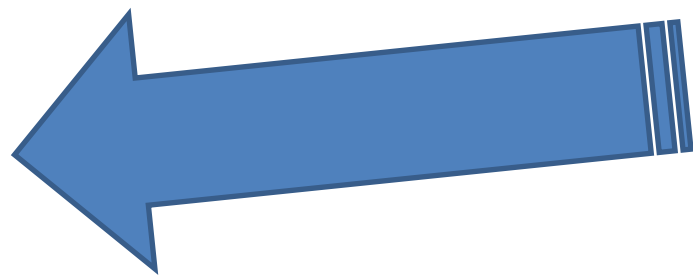
מודעות

# לסיכום

- יש לדווח לממונה בטיחות קרינה:
- על כל שינוי אשר משליך על בטיחות הקרינה במתקן קיים.
- על כל מתקן חדש/מחודש לצורך עריכת בדיקות סביבתיות לקביעת סיכוני הקרינה לעובדים.
- על כל אירוע קרינה חריג במתקן קרינה או בסביבתו.
- עליך להיות מודע לרמות הקרינה מהשפופרת - קרינה ישירה, קרינה דולפת, וקרינה מפוזרת,
- הכר את נהלי בטיחות קרינה ואת שיטות העבודה להקטנת החשיפות.
- הכר את כל הגורמים המשפיעים על חשיפת הנבדק ועל חשיפתך לקרינה.
- הקפד לפעול על פי נהלי השימוש במכשיר הקרינה.



מפחיתה קרינה



עבודה נכונה